



Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa

Universidade Nova de Lisboa/ Faculdade de Ciências Médicas

RELATÓRIO DE ESTÁGIO EM PERFUSÃO CARDIOVASCULAR

Ana Isabel Correia Cortes

**Trabalho final para obtenção do grau de Mestre em Cardiopneumologia –
Especialização em Perfusão Cardiovascular**

Maio de 2014



Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa

Universidade Nova de Lisboa/ Faculdade de Ciências Médicas

RELATÓRIO DE ESTÁGIO EM PERFUSÃO CARDIOVASCULAR

Ana Isabel Correia Cortes

**Trabalho final para obtenção do grau de Mestre em Cardiopneumologia –
Especialização em Perfusão Cardiovascular**

Orientador

Nuno Miguel Ferreira Raposo, Especialista, Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa
e Centro Hospitalar de Lisboa Ocidental, Hospital de Santa Cruz, EPE

**Estágio efetuado no Serviço de Cirurgia Cardio-Torácica do Centro Hospitalar de Lisboa
Ocidental, Hospital de Santa Cruz, EPE**

Mai de 2014

ÍNDICE

I - INTRODUÇÃO	2
II - CIRCULAÇÃO EXTRACORPORAL	3
2.1 - Material e equipamento	3
2.2 - Alterações Fisiopatológicas Impostas pela CEC	4
2.2.1 – Sistema de Complemento	5
2.2.2 – Via Cinina-Caliceína.....	6
2.2.3 - Via Fibrinolítica	6
2.2.4 - Endotoxinas.....	7
2.2.5 – Cascata da Coagulação.....	7
2.2.6 – Lesões Isquêmicas/Reperusão	9
2.3 - Quadro Resumo sobre as Alterações Impostas pela CEC.....	10
III - APLICAÇÃO EM CIRURGIA CARDIOVASCULAR	11
IV – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	14
V – CASUÍSTICA	20
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
VIII – ANEXOS.....	28

I - INTRODUÇÃO

No âmbito do 1º Curso de Mestrado em Cardiopneumologia da Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa e da Faculdade de Ciências Médicas, frequentei o estágio em Perfusão Cardiovascular, referente ao 3º semestre deste curso.

Neste relatório, é feito um enquadramento sobre a circulação extracorporeal, técnicas, material e equipamentos utilizados. Seguidamente são descritos os procedimentos cirúrgicos cardiovasculares mais comuns com recurso à circulação extracorporeal, assim como outras aplicações não cardíacas deste método.

Serão descritas as atividades realizadas ao longo do estágio curricular, assim como a casuística de procedimentos observados e nos quais colaborei.

II - CIRCULAÇÃO EXTRACORPORAL

A circulação extracorporeal (CEC) é um método cujo objetivo é substituir, de forma temporária, a função cardíaca e pulmonar. O sangue venoso é desviado de ambas as veias cavas, superior e inferior, ou da aurícula direita, para um circuito extracorporeal, através do efeito da gravidade, onde se realizam as trocas gasosas e onde é bombeado, sendo depois devolvido à circulação sistémica. (1) Anexo 1

2.1 - Material e equipamento

O sistema de CEC é composto por vários materiais e equipamentos que permitem a substituição temporária da função cardíaca e pulmonar. Os seus principais componentes são:

- Máquina Coração-Pulmão;
- Cânula(s) venosa(s) – são introduzidas na aurícula direita (cânula única), ou nas veias cavas (duas), permitem desviar o sangue do sistema circulatório do doente para o circuito extracorporeal. Poderão ser também colocadas em outros locais, como as veias femorais e/ou jugulares; Anexo 2
- Cânula arterial – cateter introduzido numa grande artéria, normalmente a Aorta ascendente, por onde é devolvido o sangue ao doente, depois de arterializado, filtrado e bombeado. Poderá ser também introduzida em outras artérias, como a femoral, axilar ou subclávia direita; Anexo 3
- Reservatório venoso – componente do circuito de CEC para onde é dirigido o sangue depois de sair do corpo do doente. Aqui, o sangue é filtrado e armazenado; Anexo 4
- Permutador de calor – equipamento que permite controlar a temperatura do sangue do doente, e consequentemente a temperatura corporal. A maioria dos procedimentos envolvem a utilização, como medida de proteção, de algum grau de hipotermia. Poderá mesmo ser necessário, em particular nas cirurgias do arco aórtico e em cirurgia congénita complexa, proceder a períodos de paragem circulatória total com hipotermia profunda. Na fase final da intervenção cirúrgica, é necessário reaquecer o doente para a temperatura corporal normal;
- Oxigenador – elemento do circuito que substitui a função de trocas gasosas do pulmão. Tem acoplado o permutador de calor. As trocas gasosas são realizadas

com recurso à manipulação independente dos gases do sangue, utilizando-se para tal um misturador de gases medicinais; Anexo 5

- Bomba arterial – dispositivo que substitui a função de bombeamento de sangue do coração. Pode ser peristáltica (roletes – a mais utilizada) ou centrífuga;
- Monitores de sinais fisiológicos – existem diversos tipos de equipamento de monitorização, que vão medir vários parâmetros fisiológicos, como a temperatura, pressão (arterial e de cardioplegia), saturação da hemoglobina em oxigénio, hematócrito, gases do sangue e eletrólitos;
- Aspiradores de sangue – equipamento que permite o reaproveitamento do sangue perdido na cavidade mediastínica durante os procedimentos cirúrgicos. A perda, normalmente é de elevado volume, pelo que seria difícil realizar a maior parte das operações cardíacas sem o recurso a esta técnica;
- Sistema de administração de cardioplegia – na maior parte dos procedimentos cirúrgicos cardíacos – exceção feita à cirurgia coronária - é necessário promover a paragem cardíaca. Para tal, utiliza-se uma solução cardioplégica, que é administrada a partir do sistema de CEC, podendo esta ser cristalóide ou hemática. Este sistema também permite controlar a temperatura de administração do soluto cardioplégico. Anexo 6

2.2 - Alterações Fisiopatológicas Impostas pela CEC

A CEC provoca aquela que é a maior alteração fisiológica imposta ao ser humano, depois do nascimento. São várias as transformações impostas ao organismo de um indivíduo que é submetido a um procedimento com CEC:

- Contacto do sangue com superfícies artificiais;
- Alteração do padrão de pulso circulatório e de distribuição do fluxo sanguíneo;
- Alteração do regime de pressão arterial;
- Ativação dos sistemas neurohumorais de defesa (cininas, complemento, cascata de coagulação e fibrinólise);
- Utilização de diversos graus de hipotermia. Anexo 7

A utilização de CEC está associada a uma deterioração da função de alguns órgãos, iniciada durante a CEC e que persiste, em vários graus, durante o período pós-operatório. Os principais mecanismos de resposta inflamatória associada à CEC são:

- 1) Ativação do sistema de complemento;
- 2) Ativação das cascatas de fibrinolíticos e calicreína;
- 3) Síntese de citocinas;
- 4) Produção de radicais livres;
- 5) Ativação de neutrófilos com desgranulação e libertação de enzimas proteases.

Anexo 8

A transição da circulação fisiológica para a CEC resulta num contacto entre o sangue e as superfícies não-endoteliais constituintes do circuito extracorporal. Este contacto, a hipotermia, o trauma celular, a isquémia orgânica, o fluxo turbulento e a reperfusão, resultam numa resposta complexa, envolvendo os sistemas atrás citados (2).

2.2.1 – Sistema de Complemento

O sistema de complemento consiste em 30 proteínas plasmáticas, e a sua ativação causa lesão celular, por resultado da ativação complexo de ataque à membrana celular (2). Esta ativação pode ocorrer pela exposição a antígenos, endotoxinas ou superfícies estranhas, pela via clássica ou alternativa. A clivagem das C3, por ambas as vias, ativa as C3a que estimulam a libertação de histamina e outros mediadores da inflamação, mastócitos, eosinófilos e basófilos. Deste processo, resulta numa vasoconstrição do músculo liso e aumenta a permeabilidade vascular. As C5a são potentes fatores quimiotáticos dos neutrófilos, promovendo a agregação, adesão e ativação dos neutrófilos. As C3b e C5b interagem na membrana celular com os componentes C6 a C9 podendo provocar uma destruição massiva e ativação das plaquetas. Anexo 9

2.2.2 – Via Cinina-Calicreína

A via cinina-calicreína é ativada através do contacto com superfícies aniónicas o que resulta na ativação do fator XII que, por sua vez, ativa os fatores XIIa e XII_f. Em combinação com cininogénio de alto peso molecular (HMWK), o fator XIIa converte a pré-calicreína em calicreína e, através de um feedback positivo, gera mais fator XIIa. A calicreína transforma o HMWK em bradicinina. A bradicinina é uma substância vasoativa potente que aumenta a permeabilidade vascular e promove a constrição do músculo liso, secreta ativador do plasminogénio, calicreína e o fator XIIa, que causam a ativação neutrofílica. (2) Anexo 10

2.2.3 - Via Fibrinolítica

A via fibrinolítica consiste em agregados de fibrina formados no local da incisão sendo eventualmente destruídos pela plasmina. A bradicinina promove a produção de ativador tecidual de plasminogénio, que converte o plasminogénio em plasmina. O ativador tecidual de plasminogénio aumenta a sua produção ao máximo 30 minutos após o início da CEC e, normalmente, volta aos níveis pré-operatórios 24 horas após o final do procedimento. Em adição, a calicreína em combinação com a HMWK, potencia a formação de pro-uroquinase em uroquinase. A uroquinase ativa o ativador do plasminogénio, que faz aumentar a produção de plasmina. A plasmina, proteoliticamente, degrada a fibrina. O produto da degradação da fibrina inibe ainda mais a produção de fibrina, originando disfunção endotelial e plaquetária. Contudo, a formação de trombina e a coagulação coincidem com a libertação de ativador tecidual de plasminogénio, formação de plasmina e fibrinólise. Este efeito resulta na formação de trombina e no consumo emparelhado de plaquetas, com a ativação da via fibrinolítica (2).

2.2.4 - Endotoxinas

Os níveis plasmáticos de endotoxinas aumentam durante a CEC. As endotoxinas são lipopolissacáridos derivados de membranas celulares de bactérias *gram* negativas. A fonte de endotoxinas é principalmente o trato gastrointestinal. A redução do fluxo sanguíneo pela circulação esplénica durante a CEC, associado à resposta inflamatória sistémica, e à isquémia miocárdica global, resulta numa quebra da barreira mucosa no trato gastrointestinal. Consequentemente existe uma translocação de bactérias endógenas para a circulação. Com a entrada na circulação, as células bacterianas libertam lipopolissacáridos que ativam os macrófagos, libertando fator de necrose tumoral e proteínas quinase, aumentando a resposta inflamatória sistémica (3).

2.2.5 – Cascata da Coagulação

O sangue permanece em forma líquida em contacto com as superfícies internas do coração (endocárdio) e dos vasos sanguíneos (endotélio). Ao ser submetido ao contacto com outra superfície, de qualquer natureza, biológica ou não, ocorre um conjunto de reações que resultam na coagulação (4). Durante a CEC, há a necessidade de fazer circular o sangue através de um circuito não endotelial, composto por substâncias artificiais. Embora estes materiais sejam biocompatíveis, todos estes, estimulam a reação do sistema de coagulação. É portanto, fundamental, que a coagulação seja inibida, de maneira a, que

todos os procedimentos com recurso a CEC possam ser realizados. Uma anticoagulação inadequada pode, com facilidade, levar à morte ou provocar lesão multiorgânica grave, nomeadamente disfunção neurológica, renal e formação de coágulos no circuito de CEC. Este fenómeno pode originar coagulação intravascular disseminada, resultante de uma rápida ascensão de fatores coagulantes originando numa falha no sistema de coagulação orgânica (4). A coagulação corre por interação de um grande número de proteínas que são ativadas por diversos estímulos, incluindo o contacto com superfícies estranhas, e por fatores produzidos pela resposta inflamatória sistémica (5). A maioria das proteínas necessárias à cascata da coagulação é produzida no fígado, como precursores inativos que se transformam em fatores de coagulação. Basta ocorrer um dos estímulos e a reação da cascata de coagulação amplifica-se excessivamente com o objetivo de formar coágulos. Existem duas vias de ativação do sistema de coagulação. A via intrínseca é ativada pelo contacto com colagénio, resultante de lesões nos vasos sanguíneos ou por alguma superfície de carga negativa. A ativação plaquetária também está envolvida. A via extrínseca é ativada pelo contacto com o fator tecidual das superfícies extravasculares. Ambas as vias chegam a uma via comum do sistema de coagulação, onde ocorre a ativação proteolítica de trombina e a formação de fibrinogénio que resulta num coágulo. A ativação da via extrínseca é mais potente em relação à via intrínseca do sistema de coagulação (5). A Heparina é o anticoagulante mais utilizado para interromper o sistema de coagulação. É constituída por sequências de sulfato pentassacarídeo que se liga à enzima inibidora anti-trombina III (AT-III), aumentando muito a potência desta enzima. A AT-III inativa a trombina e outras proteases envolvidas na coagulação. Outros fatores que sofrem inibição incluem o IIa (trombina), Xa, IXa, e XIIa. Por outro lado, a Heparina aumenta a atividade do co-fator de heparina II, que também inibe a trombina. A Heparina tem um tempo de semi-vida de aproximadamente duas horas e meia, em normotermia. (5) Anexo 11

Face às alterações impostas à fisiologia orgânica, torna-se necessário utilizar várias técnicas que contrabalançam os desarranjos fisiológicos introduzidos. A primeira é a utilização de anticoagulação sistémica e sua monitorização. Normalmente, o fármaco anticoagulante utilizado é a Heparina não fracionada, a qual é administrada em altas doses (300/400 UI/Kg). No entanto, devido à elevada variabilidade biológica da farmacocinética deste fármaco, é mandatório utilizar técnicas de medição da sua atividade, sendo para tal utilizados equipamentos de medição do tempo de coagulação ativado. Estes equipamentos

são também utilizados para verificar, no final do procedimento, a reversão da ação da Heparina, pelo seu antídoto, a Protamina.

2.2.6 – Lesões Isquêmicas/Reperusão

Estando a CEC associada, como atrás referido, a uma resposta inflamatória generalizada, com vários efeitos em vários órgãos e sistemas, é necessário utilizar várias estratégias terapêuticas para minimizar os seus efeitos:

- As lesões miocárdicas estão fortemente associadas à CEC, quando esta é utilizada no âmbito da cirurgia cardíaca. Tal sucede porque, neste âmbito, na maior parte dos procedimentos é necessário parar o coração, para o que se interrompe o fluxo sanguíneo miocárdico, provocando um período de isquémia miocárdica global. A lesão isquémia/reperusão é um termo utilizado para descrever a lesão celular que ocorre no recomeço normal da perfusão para um órgão após um período de isquémia relativo ou completo. Durante o período de isquémia, o cálcio intracelular acumula-se devido à falha da bomba celular dependente de ATP. Na reperusão, os níveis de cálcio intracelular aumentam secundariamente à disfunção oxidativa das membranas de sarcolema. Esta acumulação excessiva de cálcio celular e mitocondrial induz a morte dos cardiomiócitos por hiperconcentração e aumenta os poros de permeabilidade mitocondrial na sua membrana interna. A abertura destes canais durante a fase inicial da reperusão (mantêm-se encerrados durante o período de isquémia) inibe o potencial de membrana mitocondrial e promove o desemparelhamento da fosforilação oxidativa, importante na produção de ATP, que finalmente resulta numa depleção de ATP e na morte celular. Grandes quantidades de radicais livres de oxigénio são geradas na reperusão dos tecidos isquémicos. Estes radicais livres, em quantidades suficientes, sobrecarregam os mecanismos de eliminação endógena e causam lesões intracelulares. Também exacerbam o mecanismo do ácido araquidónico e a produção de leucotrienos e tromboxanos, promovendo agregação, transmissão e ativação de neutrófilos que amplificam a lesão tecidular. Os neutrófilos são a chave final dos mediadores de resposta inflamatória sistémica pela produção de químicos tóxicos durante o metabolismo aeróbio e pela secreção de enzimas proteolíticas libertadas dos grânulos armazenados no citoplasma (6). A cardioplegia é a solução utilizada para parar o coração, promovendo, no entanto, a proteção do miocárdio durante esta

fase, onde as fibras miocárdicas entram em isquemia. A solução de cardioplegia pode ter diversas composições, vias de administração e métodos de distribuição no coração (7).

- A composição das soluções de cardioplegia é similar à composição iônica do meio extracelular, contendo sódio, potássio, cálcio e magnésio, dextrose citrato-fosfato (limita o influxo de cálcio durante a isquemia), uma solução tampão, como o bicarbonato de sódio ou a trometamina (previne a acidose por difusão no espaço intravascular, capturando o dióxido de carbono), substrato metabólico, com dadores de aminoácidos (glutamato e aspartato). Estes solutos cardioplégicos visam a preservar a performance miocárdica (8). Anexo 12

2.3 – Quadro Resumo Sobre as Alterações Impostas pela CEC

Fenómeno	Causa	Estratégia Terapêutica
Vasoespasmo, vasoconstrição e edema perivascular por aumento da permeabilidade vascular	Ativação dos sistemas de defesa neurohumorais. Secreção de catecolaminas e hipotermia.	Hemodiluição e Vasodilatadores
Alterações da Coagulação	Anticoagulação, Stress cirúrgico e hemorragia	Antifibrinolíticos, reaproveitamento sanguíneo, produtos sanguíneos.
Hemodiluição Excessiva	Expurga do sistema de CEC sobrecarga de fluídos peri-procedimento	Hemoconcentração, expurga autóloga, transfusão de produtos sanguíneos
Lesões Isquémicas/Reperusão	Períodos de isquemia global, seguidos de reperusão	Cardioplegia, hipotermia, substrato metabólico, solução-tampão, antioxidantes
Ativação do sistema de contacto	Contacto sanguíneo com superfícies não endoteliais	Circuitos revestidos com materiais biocompatíveis

Quadro 1 – Alterações Impostas pela CEC

III - APLICAÇÃO EM CIRURGIA CARDIOVASCULAR

A cirurgia cardiovascular tem sofrido uma evolução muito acentuada. Desde o primeiro caso com sucesso, as equipas desenvolveram novas técnicas que foram otimizadas para terem êxito nas intervenções cirúrgicas. Tal como a cirurgia cardiovascular, a CEC também evoluiu de forma exponencial, tornando-se mais segura e com resultados bastante positivos (5).

A grande maioria das cirurgias cardiovasculares é realizada com recurso à CEC. O objetivo da cirurgia é o tratamento de determinadas patologias cardíacas e grandes vasos, restabelecendo a normalidade da função cardíaca. As indicações cirúrgicas mais frequentes são a patologia dos grandes vasos (arteriais ou venosos), válvulas cardíacas, sistema de irrigação coronária (revascularização miocárdica), sistema de condução elétrico ou vias anómalas de condução e cardiopatias congénitas, entre outros.

A cirurgia dos grandes vasos, compreende todos os vasos que fazem drenagem no coração e todos os que conduzem o sangue para fora das cavidades cardíacas. As grandes veias cardíacas são as veias cavas, inferior e superior, e as veias pulmonares. As grandes artérias cardíacas são artéria Aorta (Ao), que é classificada em quatro segmentos, ascendente, Crossa ou arco, descendente ou torácica e abdominal. As patologias mais comuns deste vaso, aneurisma e dissecção, têm indicação cirúrgica com recurso a CEC, à exceção da Ao abdominal.

As cirurgias valvulares cardíacas estão indicadas quando as válvulas nativas apresentam estenoses (dificuldade na abertura) ou regurgitações (dificuldade a encerrar). A cirurgia valvular engloba a válvula mitral, tricúspide, aórtica e pulmonar, sendo as mais frequentes a válvula aórtica e mitral. Nestes procedimentos as válvulas podem ser substituídas por próteses valvulares mecânicas ou biológicas (casos de estenoses) ou podem ser reparadas com a colocação de um anel no sistema valvular (casos de regurgitação mitral e tricúspide).

A cirurgia de revascularização miocárdica é definida pela colocação de *bypass's* às estenoses das artérias coronárias. Geralmente, são colhidos vasos periféricos (veia safena, artéria radial ou cubital) e são anastomosados na Ao ascendente e na porção abaixo de uma lesão das artérias coronárias. Na maioria dos casos, são recolhidas as artérias mamárias, que se encontram junto do esterno, assim, não é necessária a anastomose na Ao devido ao fluxo ser proveniente do extremo proximal da artéria mamária.

A cirurgia das cardiopatias congénitas tem por objetivo a correção total ou parcial destes defeitos cardiovasculares.

Outros procedimentos cardiovasculares realizados com recurso a CEC são, tumores e mixomas cardíacos, transplantação cardíaca e/ou pulmonar, endocardite valvular, complicações do pós-enfarte do miocárdio (rutura ventricular ou regurgitação mitral), cardiomiopatias (hipertróficas ou dilatadas), embolia pulmonar maciça e assistência circulatória em casos de falência uni ou biventricular. No âmbito da cirurgia cardio-torácica, poderá também ser utilizada em alguns casos de tumores pulmonares que invadam estruturas cardíacas (9).

Para além da cirurgia cardíaca, a CEC, também é utilizada como recurso a outras abordagens cirúrgicas não cardíacas. Os procedimentos mais comuns são as cirurgias da Ao, bem como, a transplantação pulmonar, transplantação hepática, recessão de tumores do mediastino (que envolvam a veia cava inferior, aurícula direita ou artéria pulmonar), em cirurgia oncológica, aneurismas ou tumores cerebrais e assistência cardio-pulmonar.

Os procedimentos cirúrgicos na Ao só podem ser realizados com interrupção do fluxo sanguíneo para os restantes órgãos, ou realizados com suporte da CEC. A principal preocupação, nestes procedimentos, é assegurar o aporte sanguíneo para o cérebro, rins e espinal medula (10) (11).

A CEC tem sido usada frequentemente na transplantação pulmonar. É comum o planeamento de CEC parcial ou total, dependendo da estabilidade hemodinâmica do doente. Dependendo desta situação a artéria pulmonar pode ou não ser clampada durante o procedimento(12).

Ocasionalmente a CEC é utilizada na assistência do transplante hepático. Em termos gerais, esta proporciona uma descompressão da circulação hepatoportal e reduz o risco de hemorragia em doentes com hipertensão portal. Também reduz o risco pós-transplante de disfunção renal e diminui a congestão venosa intestinal que está associada à disfunção hepática prévia ao transplante (5).

Outra das indicações de aplicação de CEC é na excisão de tumores malignos do fígado e rins, que envolvam a veia cava inferior e por vezes a aurícula direita. Em tumores que se

estendem até à aurícula direita, ou em casos excepcionais que há invasão da artéria pulmonar, a excisão completa destes tumores é feita sob hipotermia profunda com paragem circulatória (5).

O melanoma é uma neoplasia da pele, podendo surgir em várias localizações. Um dos tratamentos do melanoma é o uso de perfusão isolada dos membros (PIM), em doentes que apresentem esta neoplasia isolada nas extremidades. A PIM é realizada por etapas que têm de ser seguidas rigorosamente. Esta CEC consiste na aplicação de citostáticos nos membros inferiores, onde é aplicado um garrote, evitando que estes fármacos entrem na corrente sanguínea sistémica (13).

A hipotermia profunda e a paragem circulatória são técnicas comuns em determinadas intervenções neurológicas de alto risco, como aneurismas intracranianos, tumores no Glomus Jugulare e hemangioblastomas cerebrais. Durante estas abordagens, a hipotermia proporciona uma redução na perda sanguínea no campo cirúrgico e proteção cerebral, no momento preciso de efetuar o “clipping” na malformação vascular. As desvantagens desta técnica incluem a distensão cardíaca e arritmias durante a CEC, hemorragias sistémicas devido à heparinização e lesões neurológicas associadas a uma inadequada proteção cerebral (5).

O *Extracorporeal Life Support* (ECLS), ou também, denominado de *Extracorporeal Membrane Oxygenation* (ECMO) é um método descrito como uma CEC mais prolongada (compreendida entre horas a várias semanas) de suporte cardíaco e/ou pulmonar (14). Atualmente, o ECMO é utilizado como suporte cardíaco e pulmonar em recém-nascidos e adultos. O suporte pulmonar é mais conhecido como ECMO veno-venoso e é aplicado em casos de disfunção pulmonar aguda, quando secundária a uma causa reversível. Esta técnica permite a drenagem do sangue venoso, através de uma veia periférica ou central, sendo o sangue oxigenado e impulsionado novamente para uma veia central, de modo a proporcionar uma recuperação pulmonar mais eficiente. O suporte cardíaco é denominado por ECMO veno-arterial e é aplicado em casos de disfunção cardíaca e/ou respiratória. Esta técnica promove uma CEC semelhante à convencional, mas com recurso a um circuito fechado (sem reservatório venoso e, por consequência sem contacto com o ar atmosférico). O sangue é drenado por uma veia periférica ou central, é oxigenado e reinfundido diretamente na Ao ou numa artéria periférica (5).

IV – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante o estágio em perfusão cardiovascular, foram propostas e desenvolvidas várias atividades. O estágio teve início a 28 de Outubro de 2013 e terminou a 31 de Janeiro de 2014.

A primeira de todas as atividades realizadas, ao longo do estágio, foi garantir as normas de assépsia e controlo de infeção. Para tal, antes da entrada para o bloco operatório, é necessário vestir um fato de circulação apropriado, colocar uma touca que tape completamente os cabelos, e utilizar calçado apropriado ou colocar protetores de sapatos. Estas medidas também incluem a higienização das mãos com os desinfetantes disponíveis no serviço.

Em seguida é verificado o plano cirúrgico para o dia. Após a consulta do plano cirúrgico, o próximo passo é recolher a informação clínica do doente a ser intervencionado, sendo os dados registados no formulário de relatório de CEC. Para tal, é consultado o processo clínico do doente e neste formulário são recolhidos os dados biométricos do doente (idade, peso e altura), patologia e intervenção planeada, fatores de risco cardiovasculares e outras comorbilidades associadas (por ex.^a HTA, AVC, etc.), doenças transmissíveis e análises laboratoriais (bioquímica e coagulação). Perante a abordagem cirúrgica a realizar, é selecionado o material e as técnicas a utilizar, tendo em conta os dados recolhidos previamente. Em seguida, os dados do doente são inseridos na base de dados de cirurgia cardio-torácica. Através desta base de dados é calculado o risco cirúrgico (EuroScore II), a superfície corporal, os débitos circulatórios previstos para cada doente, o calibre das cânulas, doses de heparina e protamina a administrar, e o cálculo do *priming* a utilizar, nomeadamente a necessidade de utilizar concentrado eritrocitário.

Depois de uma escolha adequada do material e técnicas a utilizar, é inspecionada a integridade e o prazo de validade dos materiais. Em seguida, procede-se à montagem do circuito de CEC. Para que este fique operacional, são necessários diversos materiais e equipamentos, tais como:

- Reservatório venoso;
- Oxigenador;

- Filtro arterial;
- Conjunto de tubos para a linha venosa, arterial e aspiradores de campo operatório;
- Sistema de cardioplegia;
- Linhas de expurga;
- Linhas de medição de pressão de infusão e de cardioplegia;
- Sensor de nível;
- Célula para medição da saturação venosa e hematócrito (Hct);
- Torneiras de três vias;
- Hemoconcentrador;
- Conjunto de autotransusão (*Cell-Saver*); Anexo 13

Após a montagem do equipamento de CEC, é feita uma reposição do *stock* do carro de apoio à perfusão, com soluções cristalóides e colóides, fármacos, seringas, sistemas de soros e sangue, testes de anticoagulação (tempo de ativação da trombina - ACT) e agulhas. É ligado o permutador de calor, de maneira a aquecer o colchão que se encontra por baixo do doente.

Em função da taxa de hemoglobina e do peso do doente, é determinado o *priming* do sistema de CEC, no reservatório venoso, e é feita a calibração dos roletes da bomba arterial. Em seguida é realizada a expurga do sistema de CEC, ligando a bomba arterial, impulsionando o *priming* por todos os tubos do circuito (exceto os aspiradores de campo operatório), de forma a humedecer o circuito e a retirar todo o ar existente neste, evitando embolias gasosas. O sistema de tubos que forma a linha arterial e venosa, encontra-se unido por uma conexão, permitindo a expurga deste.

Momentos antes do início da cirurgia é realizado o primeiro teste de ACT e recebe-se da mesa operatória o sistema de aspiração de *Cell-Saver*. Este conjunto é conectado ao reservatório de *Cell-Saver* e a um soro fisiológico, previamente heparinizado. O equipamento é ligado, programa-se o sistema de vácuo e, a partir deste momento, todo o sangue extravasado do campo operatório pode ser reaproveitado.

É entregue para a mesa operatória, o sistema de tubos de CEC (linhas arterial, venosa, aspiradores de campo operatório, linha de cardioplegia e de dióxido de carbono).

Momentos antes do cirurgião canular a Ao, é feito um teste à anticoagulação administrada (ACT). Assim que o teste ACT se encontra acima dos 250 segundos, o cirurgião pode canular a Ao (intervalo mínimo de segurança). Assim que o teste de ACT ultrapasse os 400 segundos, pode dar-se início à aspiração do campo operatório para o sistema de CEC.

É realizada uma *check-list* pré CEC, ou seja, faz-se uma avaliação dos equipamentos, monitores de pressão e sistemas de segurança antes do início da CEC. Esta *check-list* é dividida em 14 tópicos, podendo ser consultada em anexo. Anexo 14

Após a canulação da raiz da Ao, verifica-se se esta foi bem efetuada, verificando a pulsabilidade do sangue e a pressão arterial média medida na cânula, face à medida numa artéria periférica. Assim que a Ao é cânulada, é possível remover grande parte do *priming* do reservatório venoso e linha arterial, preenchendo com o próprio sangue do doente, técnica denominada de *priming* autólogo, caso o doente apresente estabilidade hemodinâmica.

Em seguida a equipa cirúrgica cânula as veias cavas/aurícula direita e conecta-as à linha venosa. Assim que for solicitado, dá-se início à CEC (Anexo 15). É desclampada a linha arterial, aumenta-se lentamente o débito da bomba arterial e começa-se a desclampar suavemente a linha venosa. Gradualmente é aumentado o débito da bomba e desclampada a linha venosa, impedindo uma hemodiluição aguda (com a consequente vasodilatação sistémica intensa). Depois de estabilizar a CEC, pede-se ao anestesista para parar a ventilação mecânica, e inicia-se o registo na folha de CEC (hora de início de CEC). A temperatura da água do permutador de calor é diminuída, promovendo algum grau de hipotermia. A equipa cirúrgica coloca os restantes aspiradores de campo, *vent* do ventrículo esquerdo e da raiz da Ao.

Em seguida é feita a expurga da cardioplegia, ou seja, é retirado o *priming* de dentro do sistema e é colocado sangue proveniente do oxigenador.

Assim que todos os *vent's* estejam colocados e a cardioplegia esteja pronta, pode realizar-se a clampagem da Ao. A equipa cirúrgica solicita-nos um baixo débito (diminuição acentuada do débito cardíaco – diminuição de pressão da Ao), clampa a Ao e é iniciada a administração da cardioplegia hipotérmica por via anterógrada, de maneira a obter-se assistolia.

Logo após esta administração, é pedido para fazer uma segunda administração de cardioplegia por via retrógrada (colocado previamente um catéter no seio coronário – Anexo 16). Após a sua administração, é registado na folha de registo a hora da clampagem e a quantidade de cardioplegia administrada e a cada 20 minutos é feita uma nova administração (caso o miocárdio entre em atividade é administrada de imediato).

Após a clampagem da Ao, são registados a cada 15 minutos os parâmetros monitorizados ao longo da CEC, administrações efetuadas (fármacos e expansores de volume) e análises sanguíneas realizadas. Cinco minutos após a administração de cardioplégia são realizadas as primeiras gasimetrias, uma colheita arterial e uma venosa (é feita uma calibração do equipamento de monitorização de saturação venosa e o hematócrito - HCT). Da colheita arterial é feito o teste ACT. Após a sua interpretação é feito o registo destas e, em caso de algum desequilíbrio, eletrolítico é feita a sua correção. A cada 30 minutos é repetida uma gasimetria.

Durante a manutenção da CEC é necessário ter em atenção os parâmetros de monitorização do doente, tais como a diurese, hemoglobina, hematócrito, pressão arterial, saturações, profundidade de anestesia (BIS) e oximetria cerebral, quando usada. Perante algum desequilíbrio encontrado são feitas as correções necessárias.

Quando a desclampagem da Ao está para breve, é feito o reaquecimento corporal e da cardioplegia. São realizadas as últimas gasimetrias, permitindo alguma correção metabólica antes da desclampagem. Momentos antes da desclampagem da Ao é feito um *Hot Shot* (cardioplegia normotérmica – permite preencher/expurgar as artérias coronárias e eliminação de radicais livres formados no período de isquémia). É realizado um baixo débito, aspirando os *vent's*, e a Ao é desclamped. Após a desclampagem, o coração pode retomar o ritmo espontaneamente ou entra em fibrilhação ventricular. Para reverter a fibrilhação é necessário realizar uma cardioversão interna.

Assim que exista estabilidade hemodinâmica (normalmente após 10 minutos da desclampagem da Ao), são feitas as últimas correções iónicas e inicia-se o desmame da CEC. O anestesista inicia a ventilação mecânica, e começa-se a clampar gradualmente a linha venosa e a reduzir o débito arterial, promovendo o enchimento cardíaco e a sua ejeção. Gradualmente o coração começa a ejetar, continua-se a clampar a linha venosa e a

reduzir o débito da bomba arterial até que a linha venosa seja completamente clampada e a bomba arterial esteja quase parada (aproximadamente 600 ml/min). Por fim clampa-se a linha arterial e o doente encontra-se fora de CEC.

Em seguida, após o final da CEC, o sangue que permanece no circuito é transferido para o reservatório de *Cell-Saver*, de maneira a ser lavado e reinfundido no doente. Começa-se a fazer as lavagens sanguíneas e em simultâneo preenche-se o circuito de CEC com soro fisiológico, de forma a reaproveitar o maior volume sanguíneo possível. Este preenchimento do circuito de CEC com soro também permite, em caso de complicações, manter o circuito expurgado e pronto a reentrar em CEC se necessário. É revertida a anticoagulação com protamina e a raiz da Ao é descanulada. Após a lavagem sanguínea é entregue ao anestesista o concentrado eritrócitario reaproveitado para ser infundido no doente.

Assim que o esterno do doente começa a ser encerrado é desmontado o circuito e procede-se à desinfecção da máquina de CEC. O reservatório de *Cell-Saver* e os aspiradores de campo operatório são reaproveitados para a colocação dos drenos torácicos, deste modo, quando um doente tem uma hemorragia pós-operatória, pode-se fazer nova lavagem sanguínea (monta-se um novo sistema) e reaproveita-se o sangue perdido pelas drenagens torácicas. No final colaboramos no transporte do doente até à unidade de cuidados intensivos. Por último, são introduzidos os dados recolhidos ao longo da CEC na base de dados.

Outra atividade desenvolvida foi a preparação de soluções de cardioplegia. Existem duas soluções de cardioplegia a realizar, uma de indução e outra de manutenção da assistolia. As cardioplegias são feitas em sacos de 500 ml de glucose a 5%, onde são adicionados solutos cardioplégicos. Para a preparação de cardioplegias são necessários alguns consumíveis, tais como, seringas de 50 ml, catéter 14G e um conjunto de soluções de cardioplegia de indução e outro de manutenção. Para a cardioplegia de indução têm de ser retirados 130 ml de glucose a 5% e para a de manutenção são retirados 120 ml. Posteriormente é recolhido o volume dos frascos dos componentes da cardioplegia e colocados nos sacos de glucose a 5%. Após a colocação das soluções cardioplégicas no saco, retira-se todo o ar existente no mesmo, através do catéter. É colocado um autocolante identificador no saco, de maneira a evitar troca de soluções. Estas são armazenadas num frigorífico, preservando as suas propriedades até à sua utilização.

Durante o período de estágio, foram recebidos estagiários do curso de licenciatura em Cardiopneumologia da ESSCVP e da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias (Castelo Branco). Juntamente com o respetivo orientador de estágio, colaborei na integração e formação destes alunos. Esta formação passou pela montagem dos equipamentos de CEC, preparação de soluções de cardioplegia, observação de cirurgias cardíacas, observação de CEC e realização de análises sanguíneas no decorrer da CEC.

V – CASUÍSTICA

Durante o período de estágio foram observadas 68 cirurgias cardíacas. Destas, 66% foram realizadas com recurso a CEC (Gráfico 1). A média de idades observada foi de 64,75 anos. 46% dos doentes eram do género feminino e 56% do género masculino (Gráfico 2). Em relação aos dados biométricos observados, peso, altura e superfície corporal, constatou-se uma média de 72,24 Kg, 158,92 cm e 1,78 m² respetivamente.

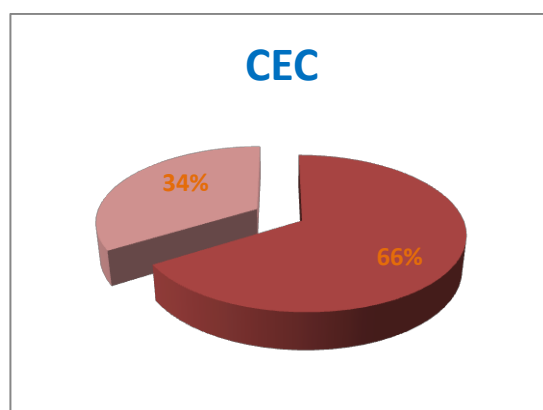


Gráfico 1 – Utilização de Circulação Extracorporeal

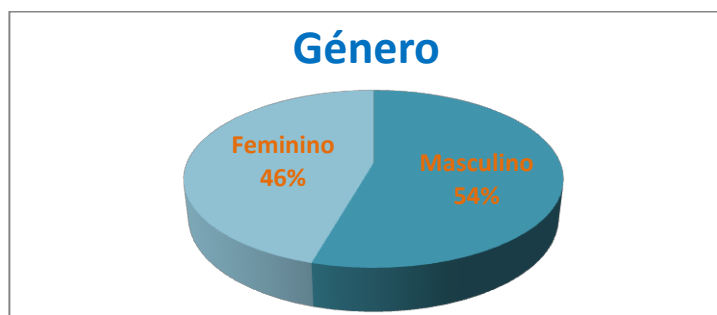


Gráfico 2 - Género

De acordo com a informação clínica de cada doente, foram encontradas algumas doenças associadas à sua patologia cardíaca, tais como, a HTA, hipertensão pulmonar (HTP), tabagismo, dislipidémia, diabetes mellitus, insuficiência renal crónica, doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC), doença vascular periférica e central, obesidade e história familiar de doença cardíaca. Cerca de 30% dos doentes tinham HTA, 4% HTP, 13% eram diabéticos, 26% tinham dislipidémia, 8% são atuais ou ex. fumadores, 2% tinham insuficiência renal crónica, 4% sofriam de DPOC e obesidade, 6% tinham antecedentes familiares de doença cardíaca, 1% sofriam de doença vascular periférica e 2% de doença vascular central (Gráfico 3).

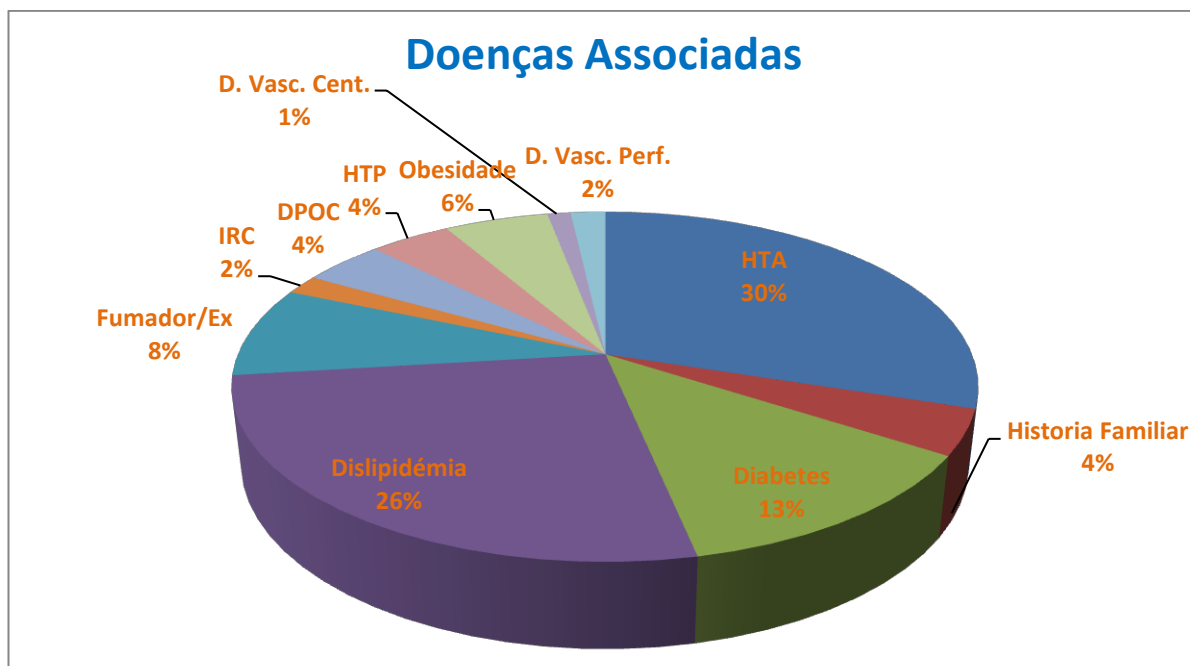


Gráfico 3 – Doenças associadas

Relativamente ao tipo de intervenção realizado observei procedimentos de cirurgia valvular aórtica, mitral e tricúspide, assim como, cirurgia de revascularização miocárdica, aneurismas da Ao ascendente e outros procedimentos. Em grande parte dos casos observados foram intervencionados a duas ou mais patologias cardíacas na mesma abordagem cirúrgica. A intervenção mais frequente foi a cirurgia da válvula aórtica, em 33% dos casos. A cirurgia da válvula mitral e tricúspide observou-se em 12% e 6% respetivamente. O segundo procedimento com maior prevalência é a cirurgia de revascularização miocárdica, em que em 22% dos casos se realizou um triplo *bypass* coronário, 12% duplo *bypass* e 5% um *bypass* único. Cerca de 4% dos casos foram intervencionados a aneurisma da Ao ascendente e 6% realizam outros procedimentos (Gráfico 4). Estes procedimentos, na totalidade, foram programados (dia útil e dentro do horário do serviço), uma pequena minoria eram reoperações e apenas um procedimento foi realizado de urgência (Gráfico 5).

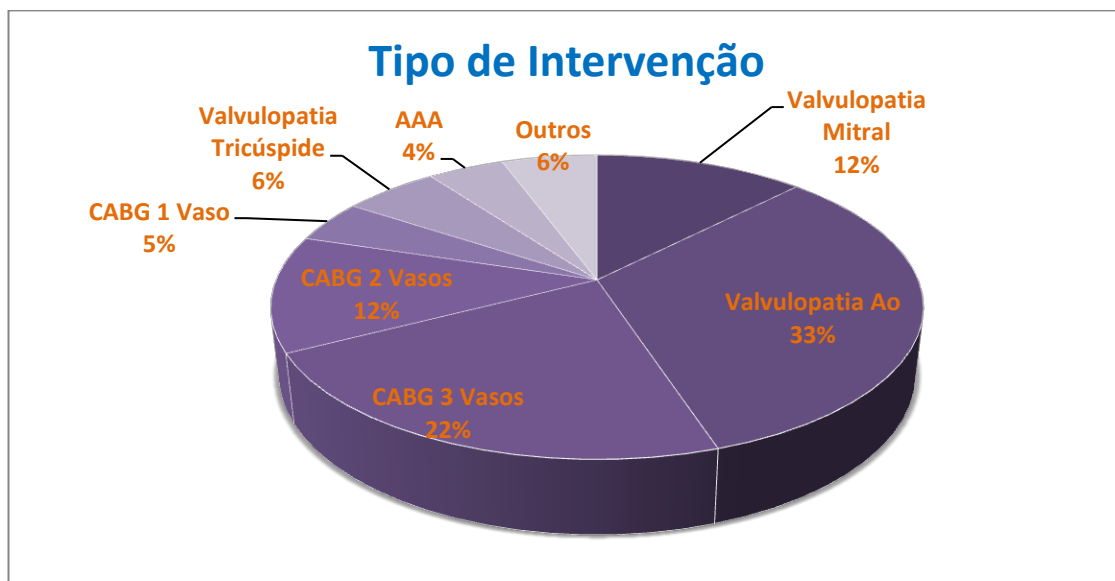


Gráfico 4 – Tipo de Intervenção

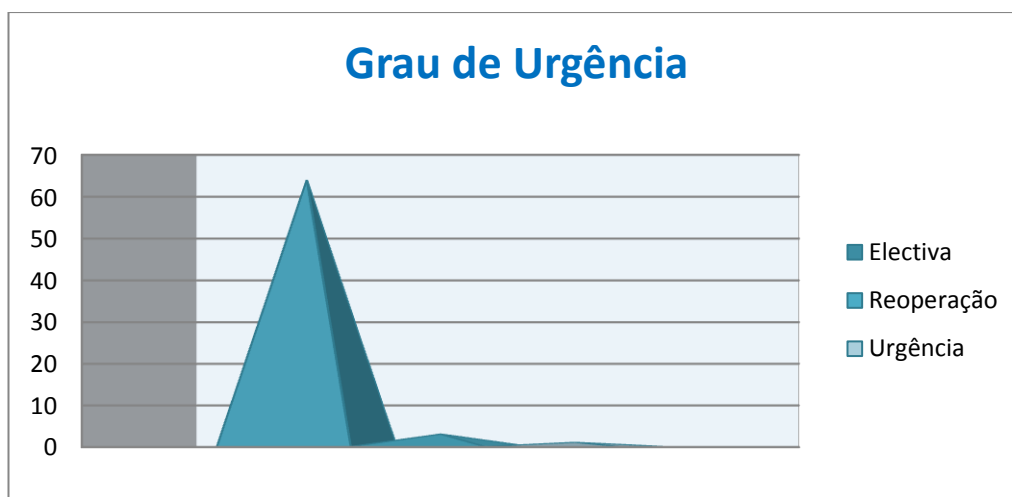


Gráfico 5 – Grau de Urgência

Foi observado um tempo médio de CEC de 113,87 minutos e um tempo médio de clampagem da Ao de 81 minutos. Em cerca de 90% das cirurgias foi utilizado *Cell-Saver* com uma média de reaproveitamento de concentrado eritrócitario de 616,38 ml. Em 14% dos casos foi monitorizada o INVOS. Nos casos em que foi utilizado fluxo pulsátil ao longo da CEC, observou-se um tempo médio de 84 minutos. Quanto à técnica de ultrafiltração realizada ao longo da CEC, foram removidos cerca de 1600 ml através do método convencional e 900 ml pela ultrafiltração modificada.

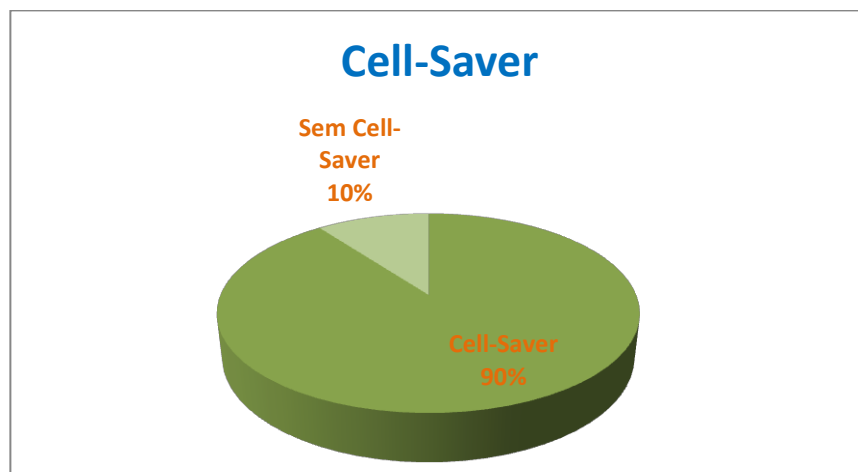


Gráfico 6 – Utilização de *Cell-Saver*

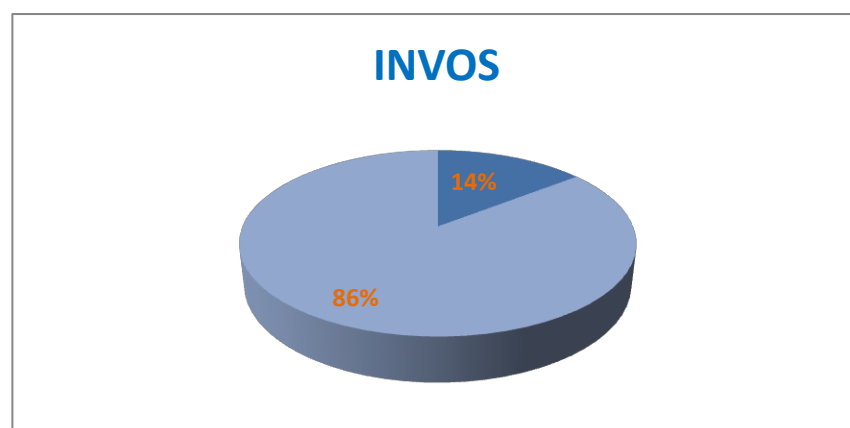


Gráfico 7 – Utilização de INVOS

VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A CEC foi o grande motor de desenvolvimento da cirurgia cardiovascular. Desde a primeira cirurgia cardíaca realizada com suporte cardiopulmonar, registaram-se evoluções benéficas que permitiram aumentar a esperança média e a qualidade de vida dos doentes submetidos a este tipo de procedimentos. Para a realização desta técnica é necessário um vasto conjunto de material e equipamentos, que permitem a execução da cirurgia e da CEC de forma segura. Para além da aplicação de CEC em cirurgias cardiovasculares, também existem outras aplicações práticas desta técnica. A CEC aplicada fora do contexto cardiovascular permitiu a realização de cirurgias de alto risco com maior segurança e eficácia.

Contudo, existem alguns efeitos adversos da circulação extracorporeal como a resposta inflamatória sistémica, lesões nos órgãos-alvo e coagulopatias. Atualmente existem estratégias terapêuticas que permitem prevenir/atenuar estas lesões. Uma das principais estratégias é a proteção miocárdica, que permitiu uma recuperação da função contrátil mais rápida, evitando lesões isquémicas e de reperfusão.

Existem muitas evidências que a cirurgia cardíaca com recurso a CEC ou *off pump*, apresenta resultados positivos na qualidade de vida após a cirurgia. Contudo a CEC promove uma abordagem e *performance* mais segura em cirurgia cardiovascular.

Este estágio em perfusão cardiovascular permitiu-me adquirir e aperfeiçoar os meus conhecimentos teóricos/práticos em relação a esta técnica. Foi-me atribuído um papel mais ativo como estagiária de perfusão cardiovascular deste serviço hospitalar, em comparação ao estágio de licenciatura.

Em relação aos pontos negativos sobre este estágio foram a difícil coordenação do meu horário face ao do meu orientador e uma aprendizagem ligeiramente demorada para realizar esta técnica.

Como pontos positivos tive uma rápida integração no serviço e assim que comecei a dominar minimamente esta técnica pude participar ativamente nas cirurgias. Como referido nas atividades desenvolvidas, recebemos alunos de licenciatura no serviço, como

tal, participei na sua integração no serviço, pude transmitir-lhes os meus conhecimentos teórico/práticos e ajudá-los em todas as dúvidas que tivessem.

Gostaria de deixar os meus agradecimentos a todos os funcionários do serviço, em especial aos Perfusionistas Nuno Raposo, Luís Baptista, Helena Brandão e Sofia Marques, pelo contributo que tiveram durante a minha aprendizagem durante o estágio.

VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gravlee GP. Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice. Lippincott Williams & Wilkins; 2008. 808 p.
2. Laffey JG, Boylan JF, Cheng DCH. The systemic inflammatory response to cardiac surgery: implications for the anesthesiologist. *Anesthesiology*. 2002 Jul;97(1):215–52.
3. Yetgin T, Manintveld OC, Duncker DJ, van der Giessen WJ. Postconditioning against ischaemia-reperfusion injury: ready for wide application in patients? *Neth Heart J*. 2010 Aug;18(7-8):389–92.
4. Görlinger K, Shore-Lesserson L, Dirkmann D, Hanke AA, Rahe-Meyer N, Tanaka KA. Management of hemorrhage in cardiothoracic surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2013 Aug;27(4 Suppl):S20–34.
5. Ghosh S, Falter F, Cook DJ. Cardiopulmonary Bypass. Cambridge University Press; 2009. 218 p.
6. Yellon DM, Hausenloy DJ. Myocardial reperfusion injury. *N Engl J Med*. 2007 Sep 13;357(11):1121–35.
7. Salerno TA, Ricci M. Myocardial Protection. John Wiley & Sons; 2008. 340 p.
8. Buckberg GD. Development of blood cardioplegia and retrograde techniques: the experimenter/observer complex. *J Card Surg*. 1998 May;13(3):163–70.
9. Cohn LH. Fifty Years of Open-Heart Surgery. *Circulation*. 2003 Jun 5;107(17):2168–70.
10. Patel HJ, Deeb GM. Ascending and Arch Aorta Pathology, Natural History, and Treatment. *Circulation*. 2008 Aug 7;118(2):188–95.
11. Evidence Central: Spinal cord retrograde perfusion: review of the literature and experimental observations. [Internet]. [cited 2013 Sep 30]. Available from: http://www.unboundmedicine.com/evidence/ub/citation/17338745/Spinal_cord_retrograde_perfusion:_review_of_the_literature_and_experimental_observations_
12. Burdett C, Butt T, Lordan J, Dark JH, Clark SC. Comparison of single lung transplant with and without the use of cardiopulmonary bypass. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012 Sep;15(3):432–6.
13. Moreno-Ramirez D, de la Cruz-Merino L, Ferrandiz L, Villegas-Portero R, Nieto-Garcia A. Isolated Limb Perfusion for Malignant Melanoma: Systematic Review on Effectiveness and Safety. *The Oncologist*. 2010 Apr;15(4):416–27.
14. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR, Huxtable RF, Haiduc NJ, Fong SW. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *Trans - Am Soc Artif Intern Organs*. 1976;22:80–93.
15. Terumo Medical do Brasil [Internet]. Available from: http://www.terumo.com.br/cardio_cirurgiacardiaca.php

16. Braile Biomédica [Internet]. [cited 2014 May 30]. Available from: <http://www.braile.com.br/produto-detalhes.asp?id=223>
17. Cannulae Products Designed [Internet]. Available from: <http://www.medtronic.com/mics/cannulae-products.html>
18. Fusion ENT Navigation System From Medtronic [Internet]. [cited 2014 May 30]. Available from: <http://www.medtronic.com/for-healthcare-professionals/products-therapies/ear-nose-throat/image-guided-surgery-products/fusion-ent-navigation-system/>
19. Jeffch P por D, ler. Dr. Jeffchandler: COMPLICAÇÕES GERADAS POR UMA PERFUSÃO DEFICIENTE [Internet]. [cited 2014 Sep 24]. Available from: <http://www.drjeffchandler.com/2014/05/complicacoes-geradas-por-uma-perfusao.html>
20. Koskenkari J. Myocardial ischemia-reperfusion injury and systemic inflammatory response in high-risk cardiac surgery. *Medica*. 500:892.
21. Lim H-K, Anderson J, Leong J-Y, Pepe S, Salamonsen RF, Rosenfeldt FL. What is the role of leukocyte depletion in cardiac surgery? *Heart Lung Circ*. 2007;16(4):243–53.